

УДК 665.73

А. Б. ГРИГОРОВ, канд. техн. наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НЕФТИ НА ЕЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

*В статье представлены результаты изучения влияния группового и химического состава товарной нефти на ее диэлектрические свойства. Установлено, что величина диэлектрической проницаемости нефти тем выше, чем больше в ней процентное содержание темных фракций, в которых содержатся высокомолекулярные ароматические соединения.*

*У статті представлені результати вивчення впливу групового і хімічного складу товарної нафти на її діелектричні властивості. Встановлено, що величина діелектричної проникності нафти тим вище, чим більше в ній процентний вміст темних фракцій, у яких містяться високомолекулярні ароматичні сполуки.*

### Введение

Повышение оперативности и достоверности с одновременным удешевлением методов исследования фракционного состава нефти позволяет значительно расширить сырьевую базу для нефтепереработки, обосновать мощность применяемых нефтеперерабатывающих установок, рационализировать технологические схемы переработки нефти, что в конечном итоге способствует снижению стоимости готовой продукции, а также повышению ее конкурентоспособности на мировом энергетическом рынке.

### Анализ публикаций

Изучение состава нефти и возможности ее переработки начало бурно развиваться только начиная со второй половины XIX столетия. Огромнейшую роль в формировании науки о составе и свойствах нефти играли фундаментальные труды Д. И. Менделеева, Л. Г. Гурвича, В. С. Наметкина, А. Ф. Добрянского и др. В Украине изучением состава нефти, усовершенствованием технологии ее добычи, подготовки и переработки занимаются научно-исследовательские институты, лаборатории нефтеперерабатывающих заводов и высших учебных заведений.

В последние годы все чаще появляются публикации, в которых предлагается исследовать состав нефти и нефтепродуктов, используя параметры, характеризующие их диэлектрические свойства, например, диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$ , что в значительной степени сокращает время анализа и материальные затраты, связанные с его проведением. Работы [1–3] посвящены изучению дисперсной структуры нефтей и жидких нефтепродуктов, посредством диэлектрической спектроскопии. Температуру застывания нефтей в работе [4] предлагается определять по изменению температурных зависимостей диэлектрической проницаемости.

### Постановка задачи

Учитывая, что среди существующих методов исследования состава, свойств нефти и нефтепродуктов одним из наиболее эффективных методов является диэлектрометрия [2], потому в данной работе предпринята попытка исследования особенностей фракционного состава различных нефтей посредством этого метода, с целью его последующего применения на предварительном этапе исследования для оперативного определения возможных путей переработки исследуемой нефти.

### Решение задачи

Диэлектрическая проницаемость товарных нефтей, являющихся сложными, многокомпонентными смесями углеводородов разного строения, выступает комплексной

величиной, состоящей из диэлектрической проницаемости входящих в нее компонентов (или фракций):

$$\epsilon^* = X_{с.ф.} \cdot \epsilon_{с.ф.} + X_{т.ф.} \cdot \epsilon_{т.ф.} + X \cdot \epsilon_{л.ф.} \quad (1)$$

где  $\epsilon^*$  – относительная диэлектрическая проницаемость нефти после подготовки на промысле;

$X_{с.ф.}, X_{т.ф.}$  – объемная доля светлых ( $t_{кип} = н.к. \div 350^0 C$ ) и темных фракций нефти ( $t_{кип} > 350^0 C$ );

$\epsilon_{с.ф.}, \epsilon_{т.ф.}$  – диэлектрические проницаемости светлых и темных фракций нефти;

$X_{л.ф.}$  – объемная доля легких фракций нефти, теряемых при определении фракционного состава (величина находится в пределах  $0,005 \div 0,02$ );

$\epsilon_{л.ф.}$  – диэлектрические проницаемости легких фракций нефти теряемых при определении фракционного состава (средняя величина ориентировочно равна 1,8700).

Оценить вклад каждого компонента, входящего в состав нефти, на ее диэлектрические свойства, возможно лишь при лабораторном исследовании нефтей по программе следующего вида:

1. Отбор проб товарных нефтей, подготовленных в соответствии с ГОСТ 9965.
2. Определение плотности нефтей (ГОСТ 3900) и их диэлектрической проницаемости (ГОСТ 6581).
3. Определение фракционного состава нефтей (ГОСТ 2177) и накапливание светлых ( $t_{кип} = н.к. \div 350^0 C$ ) и темных ( $t_{кип} > 350^0 C$ ) фракций для дальнейшего анализа.
4. Определение диэлектрической проницаемости светлых и, по возможности, темных фракций нефти.
5. Исследование светлых фракций нефтей посредством метода газо-жидкостной хроматографии.
6. Исследование темных фракций нефтей посредством метода ИК-спектроскопии.
7. На основе полученной информации разработка научно-методических основ определения фракционного состава нефтей по диэлектрической проницаемости.

В соответствии с принятой программой были исследованы девять проб нефтей (табл. 1), относящихся к разным классам в соответствии с химической классификацией [5].

Таблица 1

Диэлектрическая проницаемость светлых фракций нефтей разных классов

| Показатели        | Класс нефти |        |        |          |        |        |                |        |        |
|-------------------|-------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|                   | 2- средняя  |        |        | 1-легкая |        |        | 0-очень легкая |        |        |
|                   | №1          | №2     | №3     | №1       | №2     | №3     | №1             | №2     | №3     |
| $\epsilon^*$      | 2,4585      | 2,4718 | 2,4421 | 2,2833   | 2,3061 | 2,3240 | 2,1403         | 2,1934 | 2,1129 |
| $\epsilon_{с.ф.}$ | 2,2518      | 2,2066 | 2,1754 | 2,2030   | 2,2331 | 2,2707 | 2,0556         | 2,0740 | 2,0148 |
| $X_{с.ф.}$        | 0,57        | 0,46   | 0,60   | 0,80     | 0,78   | 0,74   | 0,83           | 0,75   | 0,87   |
| $X_{т.ф.}$        | 0,42        | 0,52   | 0,38   | 0,18     | 0,20   | 0,25   | 0,16           | 0,23   | 0,12   |

В работе [5] приведены данные, свидетельствующие о том, что  $\epsilon$  нефтяных фракций увеличивается с повышением их температуры кипения и удельного веса [6], а значит справедливо неравенство  $\epsilon_{с.ф.} < \epsilon_{т.ф.}$ .

Используя уравнение (1) и данные, приведенные в табл. 1, теоретически рассчитаем величину  $\epsilon_{т.ф.}$  проб нефтей каждого класса:

класс 2,  $\epsilon_{т.ф.} = 2,7371$ ,  $\epsilon_{с.ф.} = 2,7295$ ,  $\epsilon_{л.ф.} = 2,8933$ ;

класс 1,  $\epsilon_{т.ф.} = 2,6861$ ,  $\epsilon_{т.ф.} = 2,6109$ ,  $\epsilon_{т.ф.} = 2,4999$ ;

класс 0,  $\epsilon_{т.ф.} = 2,5966$ ,  $\epsilon_{т.ф.} = 2,6344$ ,  $\epsilon_{т.ф.} = 2,8444$ .

Опираясь на результаты расчета отметим, что содержание в нефти темных фракций, выкипающих при температуре более 350 °С, во многом определяет диэлектрические свойства нефти, что необходимо учитывать при разработке методики определения фракционного состава нефтей по диэлектрической проницаемости.

Для более детального изучения влияния состава нефти на ее диэлектрические свойства ниже представим результаты газо-жидкостной хроматографии светлых фракций нефти (табл. 2), и результаты ИК-спектроскопии ее темных фракций.

Таблица 2

Результаты хроматографического исследования  
светлых фракций нефтей

| Группы углеводородов | Концентрация углеводородов, % |       |       |          |       |       |                |       |       |
|----------------------|-------------------------------|-------|-------|----------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|                      | 2- средняя                    |       |       | 1-легкая |       |       | 0-очень легкая |       |       |
|                      | №1                            | №2    | №3    | №1       | №2    | №3    | №1             | №2    | №3    |
| 1                    | 8,15                          | 19,91 | 17,17 | 9,37     | 9,98  | 11,18 | 9,09           | 8,49  | 8,42  |
| 2                    | 10,51                         | 25,07 | 23,45 | 10,81    | 13,16 | 14,51 | 16,78          | 17,80 | 15,44 |
| 3                    | 12,34                         | 6,08  | 8,78  | 4,00     | 4,66  | 6,56  | 16,21          | 21,95 | 18,47 |
| 4                    | 1,98                          | 2,47  | 3,33  | 3,10     | 3,34  | 2,77  | 5,34           | 4,56  | 4,38  |
| 5                    | 27,12                         | 14,75 | 18,89 | 22,06    | 20,45 | 22,43 | 18,67          | 13,08 | 16,45 |

При увеличении процентного содержания в светлых фракциях (табл. 2) парафиновых (группа 1, 5) и нафтеновых углеводородов (группа 2) величина  $\epsilon_{с.ф.}$  уменьшается, а увеличение содержания ароматических углеводородов (группы 3, 4), наоборот, увеличивает величину  $\epsilon_{с.ф.}$ .

Рассматривая состав темных фракций исследуемых проб, отметим, что на величину их  $\epsilon_{т.ф.}$  влияет содержание в них высокомолекулярных ароматических соединений, чем больше этих соединений, тем выше величина  $\epsilon_{т.ф.}$ . Концентрацию высокомолекулярных ароматических соединений определим посредством ИК-спектроскопии на волновом числе, равном 1602 см<sup>-1</sup>, по формуле следующего вида [7]

$$\text{щ} = \frac{\frac{1}{10 \cdot \text{л}} D_{1602} - 0,0229}{0,0914} \quad (2)$$

где л – толщина поглощающего слоя, см (л=0,001);

$D_{1602}$  – измеренная оптическая плотность.

Объемное содержание высокомолекулярных ароматических соединений в составе темных фракций нефтей равно:

класс 2, (№ 1) щ = 34,5%, (№ 2) щ = 33,7%, (№ 3) щ = 41,0%;

класс 1, (№ 1) щ = 17,6%, (№ 2) щ = 14,0%, (№ 3) щ = 9,4%;

класс 0, (№ 1) щ = 11,3%, (№ 2) щ = 15,1%, (№ 3) щ = 21,0%.

### Выводы

Таким образом, в процессе проведенных исследований установлено, что диэлектрические свойства нефти обуславливаются как процентным содержанием темных фракций, так и содержанием в них высокомолекулярных ароматических соединений.

На базе полученных результатов в дальнейшем могут разрабатываться рекомендации по использованию диэлектрометрического метода исследования для оперативного определения

фракционного состава товарных нефтей и возможных путей их переработки.

### Список литературы

1. Евдокимов И.Н. Особенности электрофизических свойств жидких углеводородных сред с повышенным содержанием смолисто-асфальтеновых веществ / И. Н. Евдокимов, Н. Ю. Елисеев // Химия и технология топлив и масел. – 2001. – № 1. – С. 29–31.
2. Сараев Д. В. Диэлектрическая спектроскопия в исследовании структурной организации нефтяных дисперсных систем / Д. В. Сараев, И. В. Лунёв, Т. Н. Юсупова, М. И. Тагирзянов, М. Р. Якубов, Ю. А. Гусев, Г. В. Романов // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело", 2005. [http://www.ogbus.ru/authors/Saraev/Saraev\\_4.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Saraev/Saraev_4.pdf). – 12 с.
3. Сараев Д. В. Метод диэлектрической спектроскопии в исследовании диэлектрической дисперсии нефтяных масел / Д. В. Сараев, И. В. Лунев, Л. И. Гафарова, Т. Н. Юсупова, Ю. А. Гусев, Г. В. Романов // Структура и динамика молекулярных систем. – 2003. – Выпуск X. – Часть 2. – С. 135–138.
4. Куркова З. Е. Новые методы определения температуры застывания нефтей / З. Е. Куркова, Р. И. Мансуров, Д. М. Бриль // Сб. науч. тр. Проблемы химии нефти. – Новосибирск: Наука, Сиб. Отд. РАН. – 1992. – С. 128–132.
5. Сюняев З. И. Химия нефти / З. И. Сюняев. – Л.: «Химия», 1984. – 360 с.
6. Балакирев В. А. Микроволновые методы интенсификации добычи нефти / В. А. Балакирев, Г. В. Сотников, Ю. В. Ткач, Т. Ю. Яценко // Электромагнитные явления. – 2001. – № 2 (6). – Т.2. – С. 255–288.
7. Казицына Л. А. Применение УФ, ИК, ЯМР и масс-спектропии в органической химии / Л. А. Казицына, Н. Б. Куплетская. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 249 с.

## INFLUENCE OF STRUCTURE OF OIL ON ITS DIELECTRIC PROPERTIES

A. B. GRIGOROV, Cand. Tech. Sci.

*In article results of studying of influence group and a chemical compound of commodity oil on its dielectric properties are submitted. It is established that the more percentage of the dark fractions which contain high-molecular aromatic connections is in the oil the more size of dielectric permeability the oil has.*

Поступила в редакцию 04.04 2011 г.